



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí

Návrh nosné konstrukce víceúčelové haly

Design of support structure of a multipurpose hall

Bakalářská práce

Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

Vedoucí práce: Prof. Ing. Jaroslav Procházka, CSc.

Tomáš Farkaš

Praha 2016



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Tháškova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Farkaš

Jméno: Tomáš

Osobní číslo: 410767

Zadávací katedra: K133 Katedra betonových a zděných konstrukcí

Studijní program: (B3651) Stavební inženýrství

Studijní obor: (3608R008) Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Návrh nosné konstrukce víceúčelové haly

Název bakalářské práce anglicky: Design of support structure of a multipurpose hall

Pokyny pro vypracování:

Alternativy návrhu nosné konstrukce

Podrobný návrh vybrané alternativy včetně založení

Výkres skladby střechy

Výkres tvaru typického podlaží

Řez podélný a příčný

Výkresy výtzuže vybraných prvků nosné konstrukce

Technická zpráva

Seznam doporučené literatury:

Norma ČSN EN 1992-1-1

Navrhování železobetonových konstrukcí - příklady a postupy

Jméno vedoucího bakalářské práce: Prof. Ing. Jaroslav Procházka, CSc.

Datum zadání bakalářské práce: 22. 2. 2016

Termín odevzdání bakalářské práce: 22. 5. 2016

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

22. 2. 2016
Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Praha, 20. května 2016

.....

Tomáš Farkaš

Poděkování

Rád bych poděkoval Prof. Ing. Jaroslavu Procházkovi, CSc. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracování bakalářské práce. Také bych chtěl poděkovat své rodině za podporu a podmínky, které mi byly poskytnuty po celou prozatímní dobu studia.

Abstrakt

V této práci jsem se zaměřil na návrh nosné konstrukce víceúčelové haly. Konstrukční systém haly je navržen jako jednopodlažní a dvoupodlažní železobetonový montovaný skelet. V práci jsem zpracoval předběžný návrh tří variant konstrukčního řešení objektu a posléze jsem u jedné zvolené varianty detailněji navrhoval typické prvky konstrukce (vazník, sloup, základovou patku a schodiště). Pro návrh těchto prvků jsem použil převážně ruční výpočet. Výpočetní softwary (SCIA Engineer 15.3 a FIN EC - Beton) jsem využil zejména k účelům ověření a posouzení návrhu. Problematika, se kterou jsem se během práce zabýval, obsahuje kromě navrhování a posuzování prvků na mezní stav únosnosti, také posuzování mezního stavu použitelnosti (vazník), výpočet účinků druhého řádu od působícího zatížení (sloup), návrh uložení schodiště a posuzování přepravních a montážních zatěžovacích stavů. Výsledkem mé práce je návrh rozměrů prvků, jejich vyztužení a posouzení a zpracování výkresové dokumentace k výrobě prvků.

Klíčová slova

prefabrikovaná železobetonová tyčová konstrukce, průhyb vazníku, štíhlý sloup, účinky druhého řádu, montážní zatěžovací stav

Abstract

In this thesis, I focused on a design of support structure of a multipurpose hall. Structural system of the hall is designed as single-storey and two-storey precast reinforced concrete frame. In the thesis, I processed three options of preliminary designs of structural system of the building and then I designed typical elements of structure (roof girder, column, foundation pad and staircase) in the one selected option. For design of the elements, I used hand calculation mostly. Computational software (SCIA Engineer 15.3 and FIN EC - Beton), I used for checking and assessment of the design especially. Issues, whom I dealt with in my thesis, contain besides the design and assessment of elements of the ultimate limit state also assessment of serviceability limit state (roof girder), secondary load effects calculations (column), design of staircase installation and assessment of transport and construction load case. Result of my thesis is design of element dimensions, elements reinforcement and its assessment and processing of drawings for production.

Keywords

precast reinforced concrete frame, deflection of roof girder, slender column, secondary load effects, construction load case

Obsah

Úvod	8
Popis objektu	8
Předběžný statický návrh	9
Varianta 1 - příčný vazníkový skelet	9
Varianta 2 - sedlový vazník	10
Varianta 3 - podélný systém s TT nosníky	11
Podrobný statický návrh	12
Vazník	12
Sloup	12
Základová patka	13
Schodiště	14
Závěr	15
Použitá literatura	16
Normy	16
Publikace	16
Ostatní	16
Seznam příloh	17

Úvod

Ve své bakalářské práci se věnuji návrhu nosné konstrukce víceúčelové haly. Cílem práce bylo vytvořit tři alternativy návrhu nosné konstrukce. K nim byly zpracovány výkresy skladby střechy. Dále bylo úkolem provést podrobný návrh jedné vybrané alternativy včetně založení (Varianta 1). U vybrané varianty byl zpracován též řez podélný a příčný nosnou konstrukcí. Na závěr byly k vybraným prvkům, které byly v práci podrobně navrženy, vytvořeny výkresy výztuže. Posledním úkolem bylo zpracování technické zprávy k vybrané alternativě.

Popis objektu

Navrhovaná hala pro firmu má dvě funkce. Za prvé bude sloužit jako administrativní sídlo společnosti a za druhé jako jednopodlažní skladová hala.

Budova má tvar kváдру a zastavěnou plochu cca 700 m². V části administrativní je hala dvoupodlažní s konstrukční výškou podlaží 3,7 m. Část skladová jde přes dvě kancelářská podlaží. V administrativní části se nacházejí vstupní hala s recepcí, kanceláře, zasedací místnost, technická místnost, WC, čajová kuchyňka, úklidová komora a dílenská část. Skladová část, krom prostor pro skladování, obsahuje místnost pro umístění technických plynů. 1. NP a 2. NP v administrativní části je spojeno pomocí dvou dvouramenných prefabrikovaných ŽB schodišť. Ramena jsou uložena na podestu a stropní průvlak. Objekt je nepodsklepený.

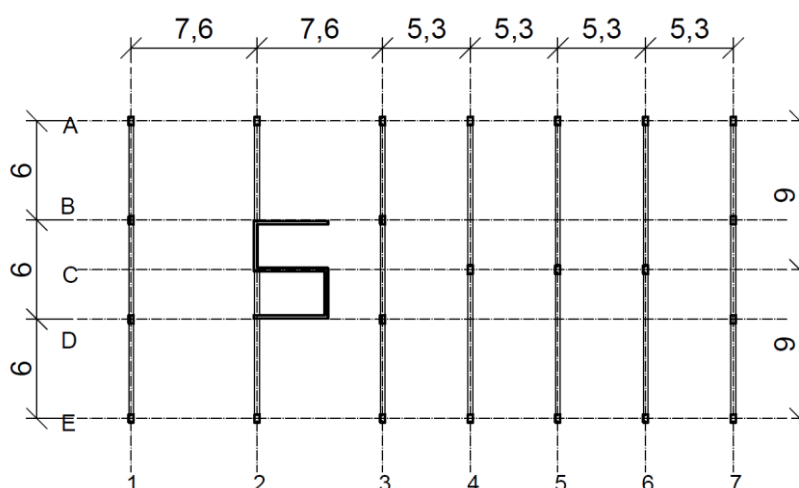
Konstrukční systém objektu je navržen jako železobetonový montovaný tyčový skelet. Svislé nosné prvky tvoří sloupy a schodišťové stěny. Sloupy jsou ve skladové části v rastru 5,3x9 m a v administrativní 6,0x7,6 m. V administrativní části jsou sloupy děleny po jednotlivých patrech a ve skladové jsou průběžné na celou výšku podlaží. Sloupy jsou vetknuty do základových patek.

Předběžný statický návrh

Varianta 1 - příčný vazníkový skelet

Tato varianta nejvíce odpovídá původnímu zadání. Střešní a stropní konstrukce objektu je řešena předepnutými betonovými panely Spiroll. V části skladové to jsou panely s označením Spiroll PPD 165, délky 5,2 m, výšky 160 mm a s předpínacími lany 5 ks průměru 9,3 mm na panel šířky 1190 mm. V části administrativní to jsou panely Spiroll PPD 256, délky typicky 7,2 m, výšky 250 mm a předpínacími lany 6 ks průměru 12,5 mm na panel šířky 1190 mm. Tyto panely jsou kloubově uloženy ve skladové části na prefabrikované ŽB vazníky T průřezu s rozměry 200x600/350x200 mm, v části administrativní na prefabrikované ŽB průvlaky 350x600 mm s konzolkami na uložení panelu. Vazníky a průvlaky jsou kloubově uloženy na prefabrikované ŽB sloupy 300x500 mm, resp. schodišťové stěny tloušťky 200 mm. Vazník je uložen s 5% sklonem. Sloupy ve skladové části jsou na celou výšku podlaží. Sloupy v administrativní části jsou děleny po jednotlivých patrech. Sloupy jsou vetknuty do prefabrikovaných ŽB patek. Celkovou stabilitu objektu zajišťují vetknuté sloupy doplněné o ztužující prvky ve formě schodišťových stěn, tuhých stropních a střešních desek a střešních prvků (ztužidel, vazníků a atik).

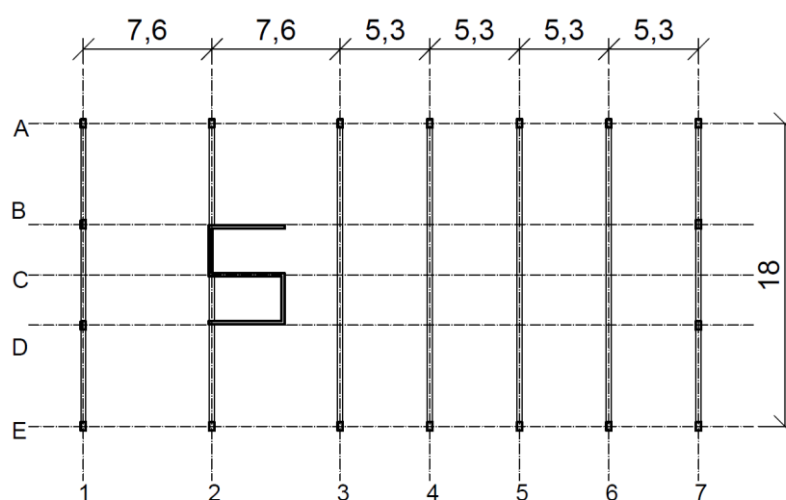
V této variantě jsem navrhoval typ panelů Spiroll dle uživatelské příručky společnosti PREFAB BRNO, dle empirie jsem předběžně navrhoval rozměry vazníků a průvlaků. U nich jsem dále ověřil výšku tlačené oblasti a únosnost tlačené diagonály a návrh jsem dle potřeby upravil. U sloupů jsem ověřil únosnost na dostředný tlak a posoudil jsem ohybovou štíhlost.



Varianta 2 - sedlový vazník

V této variantě nosné konstrukce byly, oproti variantě předchozí, odebrány všechny vnitřní sloupy a zůstaly pouze sloupy obvodové. Konstrukce střechy je tvořena nosným trapézovým plechem. Konstrukce stropní by zůstala stejná jako v předchozí variantě. Nosný trapézový plech je podporován prefabrikovaným ŽB sedlovým vazníkem na celé rozpětí haly, tzn. 18 m. Vazník v nejvyšším bodě má výšku 1400 mm v místě uložení pak 950 mm. Sklon sedlového vazníku je 5 %. Vazníky jsou kloubově uloženy na prefabrikované ŽB obvodové sloupy 500x300 mm. Sloupy ve skladové části jsou opět na celou výšku podlaží a v části administrativní dělené po jednotlivých patrech. Sloupy jsou vetknuty do prefabrikovaných ŽB patek. Celkovou stabilitu objektu zajišťují vetknuté sloupy, schodišťové stěny, obvodová ztužidla kloubově uložená na sloupy. Ke zvýšení tuhosti konstrukce by bylo nutné navrhnout ještě systém střešních ocelových ztužidel, která by přispěla k tuhosti střešní konstrukce.

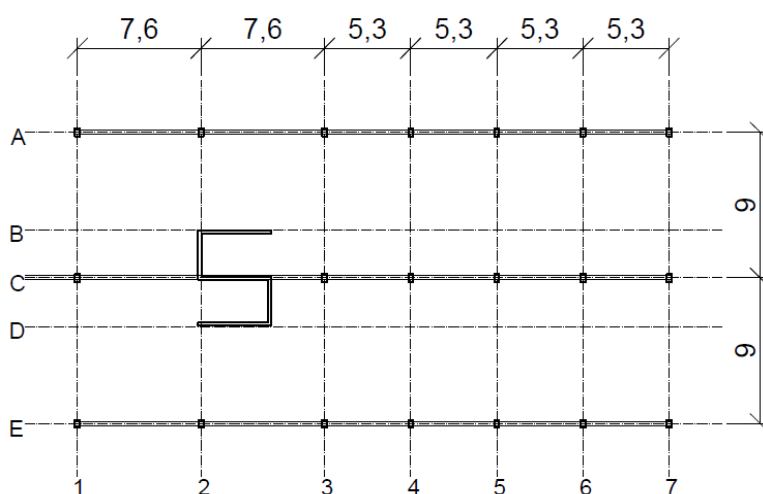
U této varianty jsem navrhoval rozměry sedlového vazníku dle empirie. Ověřoval jsem výšku tlačené oblasti a únosnost tlakové diagonály. Dále jsem ověřoval hodnotu ohybové štíhlosti k posouzení nutnosti pozdějšího výpočtu průhybů vazníku. A na závěr jsem ověřoval obvodový sloup na únosnost v dostředném tlaku a posuzoval sloup na vzhledem k ohybové štíhlosti.



Varianta 3 - podélný systém s TT nosníky

Tato varianta se oproti dvěma předchozím liší hlavně zvoleným směrem pnutí střešní konstrukce. Nosná konstrukce střechy je tvořena prefabrikovanými ŽB TT stropními panely. Celková výška panelu je 440 mm a šířka je upravena dle skladebných rozměrů dle pokynů výrobce v katalogovém listu VCES a.s. Panely jsou uloženy sníženým žebrem ve 5% spádu na podélně uložené prefabrikované ŽB průvlaky. Průvlaky jsou uloženy po obvodě a na ose objektu (řady A, C a E) na sloupy. Průvlaky jsou ve třech rozměrových variantách. V halové části 500x250 mm a v administrativní 650x300 mm a 400x250 mm. Průvlaky jsou opět podpírány prefabrikovanými ŽB sloupy a schodišťovými stěnami. Sloupy mají rozměry 500x300 mm a stěny tloušťku 200 mm. Sloupy jsou vetknuty do prefabrikovaných ŽB patek. Stabilitu objektu zajišťují vetknuté sloupy doplněné o ztužující prvky ve formě schodišťových stěn, tuhých stropních a střešních desek a průvlaků.

V této variantě jsem navrhoval rozměry TT stropních panelů dle katalogového listu výrobce. Dle empirie jsem navrhl rozměry průvlaků a ověřil jsem jejich výšku tlačných oblastí a únosnost tlakových diagonál. Také jsem ověřil nutnost detailního výpočtu průhybů průvlaků. U sloupů jsem ověřil únosnost na dostředný tlak a posoudil jsem ohybovou štíhlost.



Podrobný statický návrh

Vazník

Pro návrh byl vybrán vazník ve skladové části objektu v řadě 5. Vazník je uložen v 5% spádu na sloupy a slouží jako podpůrná konstrukce pro stropní konstrukci tvořenou předepnutými ŽB panely Spiroll. Vazník působí jako prostý nosník. Pro výpočet vnitřních sil jsem zvolil kombinace zatížení dle ČSN EN 1990 pro mezní stavy STR a GEO. Pro méně příznivou kombinaci jsem provedl výpočet. Výsledky vnitřních sil stanovené v programu SCIA Engineer 15.3 jsem ověřil ručním výpočtem. Na výsledné vnitřní síly jsem navrhl ohybovou výztuž provedl posouzení. Následně jsem provedl podrobné posouzení vymezující ohybové štíhlosti. Z podmínky mi vyšlo, že je nutné velikost průhybů stanovit podrobným výpočtem. To jsem provedl a výsledný průhyb od dlouhodobých účinků zatížení včetně vlivu smršťování jsem porovnal s limitní hodnotou. Podmínka nevyhověla, proto jsem navrhl opatření v podobě nadvýšení vazníku. Dále jsem řešil vhodný způsob kotvení ohybové výztuže nad podporami vazníku. Z tohoto důvodu jsem musel zvětšit šířku stojiny vazníku na 250 mm. Upravena byla také šířka příruby na 450 mm oproti předběžnému návrhu. Nakonec jsem ověřil vazník na výrobní a přepravní stádium zatížení a navrhl jsem manipulační úchyty z ohýbané výztuže. Na závěr jsem navrhl profily a rozteče třmínků jako smykovou výztuž vazníku.

Sloup

Pro návrh jsem zvolil sloup C5, který je skladové části a jde přes celou výšku podlaží. Sloup slouží jako podpora výše řešeného vazníku. Jelikož je sloup středový, proto má v rámci skladové části největší normálovou sílu. Pro celou skladovou část haly, jakožto samostatný dilatační celek, jsem vytvořil prostorový model do programu SCIA Engineer 15.3. Na konstrukci působí kromě stálých a proměnných svislých zatížení i účinky zatížení vodorovného, tedy větru. Tyto hrají rozhodující roli, při průběhu ohybových momentů na sloupech konstrukce. Po získání výsledků vnitřních sil jsem posoudil ohybovou štíhlost sloupu v obou

směrech. V podélném směru konstrukce mi vyšlo, že je nutné spočítat účinky zatížení druhého řádu. Pro výpočet návrhového momentu od účinků druhého řádu jsem zvolil metodu jmenovité křivosti. Dále jsem provedl návrh podélné výztuže. Posouzení jsem provedl v programu FIN EC - Beton. Jako návrhové síly pro posouzení jsem použil tedy moment od účinků prvního řádu v příčném směru, moment od účinků druhého řádu v podélném směru a výslednou normálovou sílu. Dále jsem navrhl pro sloup třmínky a ověřil jsem únosnost sloupu na výrobní, přepravní a montážní stádium. Nakonec jsem navrhl manipulační úchyty z ohýbané výztuže.

Základová patka

Pro návrh základové patky jsem zvolil patku pod navrhovaným sloupem C5. Patku jsem navrhl jako ŽB prefabrikovanou kalichovou ŽB. Nejprve jsem navrhl potřebné rozměry kalichu patky a jeho vyztužení. Pak jsem navrhl celkovou velikost a spočítal únosnost základové zeminy. Po té co únosnost vyhověla, jsem navrhl podélnou výztuž patky v obou směrech. Následně jsem ověřil smykovou únosnost při protlačení patky. To jsem provedl pro dvě stádia. Pro montážní, kdy účinkům zatížení vzdoruje pouze patka pod kalichem a pro stav po zmonolitnění, kdy vzdoruje celá patka. Aby patku bylo možno takto posuzovat, musel jsem splnit podmínky zdrsnění vnitřního líce stěn kalichu a líce stěn sloupu ve styku s kalichem. Nakonec jsem opět navrhl manipulační úchyty z ohýbané oceli.

Schodiště

V objektu jsou schodiště navržena dvě, ale geometrie je u obou stejná. Schodiště jsou desková ŽB prefabrikovaná. Ramena jsou uložena kloubově na ozub na mezipodestu a na stropní průvlak. Mezipodesta je kloubově uložena též na ozub na schodišťové stěny. Oba prvky působí jako prostý nosník. Nejprve jsem navrhl rozměry schodiště s přihlédnutím k rozměrům, které jsem měl k dispozici ze zadání. Ověřil jsem tloušťky desek, podchodné a průchodné výšky. Z návrhových hodnot zatížení jsem opět určil průběh ohybových momentů a reakcí na ramenech a mezipodestě. Provedl jsem návrh ohybové výztuže desek na mezní stav únosnosti a únosnost jsem posoudil. Následně jsem určil nutnost výpočtu průhybů pomocí podmínky na velikost vymezející ohybové štíhlosti. Dále jsem navrhoval výztuž ozubů v místech uložení pro ramena i mezipodestu. Na závěr jsem provedl posouzení výztuže na přepravní a montážní stav obou prvků a navrhl jsem manipulační úchyty z ohýbané oceli.

Závěr

Cílem této bakalářské práce byl návrh nosné konstrukce montovaného ŽB tyčového skeletu víceúčelové haly. V rámci práce jsem vypracoval předběžný návrh pro tři alternativy nosné konstrukce, kde jsem se zabýval typickými prvky objektu pro jednotlivé varianty. K jednotlivým variantám jsem vytvořil výkresy skladby stropní konstrukce. Dále jsem provedl podrobný statický výpočet Varianty 1. Zde jsem navrhl a posoudil únosnost a přetvoření střešního vazníku. Dále jsem se věnoval posouzení únosnosti sloupu ve skladové části a návrhem kalichové patky pod tímto sloupem. Na závěr jsem provedl návrh schodiště v administrativní části haly. U všech prefabrikovaných prvků bylo nutné posoudit i další zatěžovací stavy (výrobní, přepravní, montážní) a navrhnout manipulační úchyty. Ke všem podrobně navrhovaným prvkům jsem vytvořil výkresy výztuže s výkazy výztuže. U vybrané varianty jsem také zpracoval příčný a podélný řez nosnou konstrukcí. Jako poslední bod práce jsem zpracoval technickou zprávu projektu.

Použitá literatura

Normy

ČSN EN 1990 *Eurokód. Zásady navrhování konstrukcí včetně jejich příloh A až D*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2004.

ČSN EN 1991-1-1 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí část 1-1: Obecná zatížení objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2004.

ČSN EN 1992-1-1 *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí Část 1 - 1: obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví 2006.

Publikace

KOHOUTKOVÁ, Alena; PROCHÁZKA, Jaroslav; VAŠKOVÁ, Jitka.: *Navrhování železobetonových konstrukcí příklady a postupy*. 1. vydání, Česká technika, Praha 2014, ISBN 978-80-01-05587-8

Ostatní

Ing. Petr Bílý - České vysoké učení technické v Praze [online]. Katedra betonových a zděných konstrukcí ČVUT FSv. [cit.2016-05-20]. Dostupné z <http://people.fsv.cvut.cz/www/bilypet1/>

PREFA BRNO - Uživatelská příručka Spiroll [online]. [cit.2016-05-20]. Dostupné z <http://www.prefa.cz/produkty/pozemni-stavby/stropni-dilce/predpjate-stropni-panely-spiroll>

NAVRHOVÁNÍ ZÁKLADOVÝCH KONSTRUKCÍ S POUŽITÍM MODELŮ NÁHRADNÍ PŘÍHRADOVINY [online]. [cit.2016-05-20]. Dostupné z <http://statika-plzen.cz/ke-stazeni/>

Železobetonové TT stropní panely [online]. [cit.2016-05-20]. Dostupné z <http://vces-prefa.cz/katalog-vyrobu>

Sylabus k přednášce předmětu BK1 - SCHODIŠTĚ [online]. [cit.2016-05-20]. Dostupné z http://concrete.fsv.cvut.cz/~kohouale/vyuka/bz2a/bz2a_sylaby/

Seznam příloh

Příloha A - Technická zpráva

Příloha B - Statický výpočet

Příloha C - Výkresová dokumentace

Příloha D - Podklady a stavební výkresy - Atelier A4 s.r.o.